http://www.icn.unal.edu.co/ Caldasia 33(1):1-20. 2011

RESIDUOS DE ALMIDONES Y EL USO DE PLANTAS DURANTE EL HOLOCENO MEDIO EN EL CAUCA MEDIO (COLOMBIA)

Starch grains residues and the management of plants during the Middle Holocene in the Middle Cauca (Colombia)

FRANCISCO J. ACEITUNO
Departamento de Antropología, Grupo Medioambiente y Sociedad. Universidad de Antioquia, Apartado 1226, Medellín, Colombia. fjaceituno@quimbaya.udea.edu.co

VERÓNICA LALINDE
Departamento de Antropología. Universidad de Antioquia, Apartado 1226, Medellín, Colombia. verolali@hotmail.com

RESUMEN
En este artículo se presentan datos de almidones que sugieren el uso de plantas por grupos forrajeros que ocuparon el río San Eugenio (Cauca medio) durante la primera mitad del Holoceno medio. Se logró recuperar una gran cantidad de granos de almidón (325) de instrumentos de molienda (manos y placas) procedentes de niveles precerámicos del sitio arqueológico La Pochola. Los datos indican el aprovechamiento de plantas ricas en carbohidratos, entre las que se encuentra una variedad de *Phaseolus* (silvestre o domesticada), convirtiendo al Cauca medio en una región promisoria para estudiar la domesticación y la expansión de este género. Por último, se propone un modelo de manejo del bosque basado en el uso selectivo de plantas y en el incremento de la diversidad local, que antecedió a la llegada y el uso de plantas domesticadas de origen alóctono.

Palabras clave. Colombia, Cauca medio, Holoceno medio, almidones, *Phaseolus*.

ABSTRACT
This paper presents starch grain data that suggest plant usage by human foragers that inhabited the San Eugenio River Basin (Middle Cauca) in the first half of the middle Holocene. A large number of starch grains (325) were recovered from grinding tools (*manos* and bases) from the preceramic levels at La Pochola archaeological site. The data suggest the exploitation of carbohydrate-rich plants, including a variety of *Phaseolus* (wild or domesticated), making the Middle Cauca region an important place to study the domestication and expansion of this genus. We then propose a forest management model based on the selective use of plants and the increase in local plant diversity that preceded the arrival and use of foreign domesticates.

Key words. Colombia, Middle Cauca, Middle Holocene, starch grains, *Phaseolus*.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, las estrategias de adaptabilidad en grupos forrajeros todavía no son bien conocidas; en parte, por las difíciles condiciones de preservación del registro orgánico (plantas y animales), lo que no ha favorecido un óptimo desarrollo de subdisciplinas como la zooarqueología y la arqueobotánica. Actualmente, en la arqueología colombiana hay un debate muy interesante sobre los modelos de subsistencia de los grupos tempranos que poblaron los diferentes tipos de ambientes y regiones de Colombia, entre el Pleistoceno final y el Holoceno medio. En la década de los 70 y comienzos de los 80 prevaleció el modelo de grupos principalmente orientados hacia la caza (Correal & Van der Hammen 1977, Correal 1986); desde mediados de los años 80 y especialmente en los 90, se comenzó a plantear un modelo alternativo a partir del hallazgo de nuevos contextos arqueológicos, principalmente en la zona andina de Colombia, con tecnologías líticas orientadas a la manipulación de plantas, y restos arqueobotánicos (semillas, polen y fitolitos) que sugieren formas de vida cazadoras-recolectoras, con una fuerte orientación hacia el manejo y uso de recursos vegetales (Castillo & Aceituno 2006, Cavelier *et al*. 1995, Gnecco 2000, Gnecco & Mora 1997, Gnecco & Salgado 1989, Morcote *et al.* 1998, Salgado 1988-1990).

En relación con las plantas, no solamente se enfatizó su uso como un recurso central, sino que se llegó a plantear la domesticación temprana de plantas en Colombia como un centro más, independiente y complementario de Mesoamérica y los Andes Centrales (Piperno & Pearsall 1998). Un patrón de comportamiento ecológico que ha tenido mucho eco en la historiografía nacional, en relación con el manejo selectivo de los recursos, fue el concepto de "agrilocalidad" aplicado por Gnecco (2000, 2003) en sus estudios del suroccidente del país, para referirse a la manipulación y transformación antrópica de los bosques subandinos. La dicotomía silvestre-domesticado, aplicada al estudio del manejo y uso de las plantas, ha dado paso a otras formas de estudiar las complejas y múltiples relaciones entre los seres humanos y las plantas, especialmente entre las culturas de selva tropical, como ha quedado suficientemente demostrado a partir de trabajos etnobotánicos (Balée 1989, 1998, 2006, Balée & Gely 1989, Gutiérrez 2003, Politis 1996, 2007, Posey 1984, Rival 1998, 2006).

El objetivo de este artículo es presentar evidencias de almidones arqueobotánicos que sugieren la importancia de las plantas en la economía y subsistencia de los grupos humanos que ocuparon la cuenca media del río Cauca (de aquí en adelante Cauca medio), a comienzos del Holoceno medio.

Los granos de almidón son hidratos de carbono, homopolisacáridos compuestos principalmente por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina, que las plantas sintetizan en forma de glucosa y uniones moleculares a partir del dióxido de carbono, absorbido de la atmósfera y del agua del suelo (Esau 1953:27, Loy 1994:89, Tomlinson & Denyer 2003:16-18). La relación entre estos dos polímeros varía entre unas plantas y otras, por ejemplo entre los cereales varía entre 75% y 66% de amilopectina y 25% y 33% de amilosa (Tomlinson & Denyer 2003:16-18); en el resto de las plantas se ha planteado un valor similar a éstos con un valor entre 70 y un 80% de amilopectina (Haslam 2004). Según su función, se diferencian dos clases de almidón, que se forman en distintos tipos de plástidos de las células: 1) Almidón primario, se forma en los cloroplastos y sirve para la asimilación energética de la planta durante la fotosíntesis; 2) Almidón secundario o de reserva, es sintetizado como órgano de almacenamiento en los amiloplastos de las

células. Estos almidones se encuentran en las células de las partes vegetativas donde las plantas almacenan la energía, como bulbos, rizomas, tubérculos y semillas -donde puede encontrarse en el embrión, perisperma y principalmente en el endosperma (Dickau 2005; Cortella & Pochettino 1994; Haslam 2004; Holst *et al*. 2007; Loy 1994: 89; Piperno 2006a:50; Piperno & Hoslt 1998; Tomlinson & Denyer 2003; Wang *et al*. 1997).

El análisis de granos de almidón ha ganado mucho protagonismo en los estudios bioarqueológicos, desde los años 90, debido a dos hechos principales: la variabilidad morfológica y la perdurabilidad. La variabilidad morfológica entre unas plantas y otras, hoy por hoy, es la base principal de la identificación de residuos de almidones en contextos arqueológicos. Con base en las características morfológicas se ha planteado el origen y la dispersión de la agricultura en el Neotrópico (Aceituno & Loaiza 2008, Dickau *et al*. 2007, Pagan *et al*. 2005, Piperno 2009, Piperno & Pearsall 1998); movimientos migratorios en Oceanía y primeras evidencias de agricultura (Wilson *et al*. 2010) y evidencias de manejo de plantas silvestres durante el Paleolítico en el Próximo Oriente (Piperno *et al*. 2004). La morfología de los granos de almidón está determinada genéticamente y varía entre unas plantas y otras, a nivel de especie, género o familia (Tomlinson & Denyer 2003:12). Gran parte de la forma está determinada por la acción de las enzimas que, a su vez, establece la estructura de las moléculas de amilopectina (Tomlinson & Denyer 2003:12, Wilson *et al*. 2010). Otros factores que influyen en la forma son las condiciones ambientales, aunque parece ser que tienen un impacto mínimo, la ubicación espacial y la cantidad de gránulos dentro de los plástidos (Tomlinson & Denyer 2003:12). Por ejemplo, si hay pocos granos en los plástidos, éstos tienden a tener formas regulares, por el contrario, cuando la cantidad es muy alta tienden a ser irregulares, angulares y con facetas de presión (Tomlinson & Denyer 2003:12). La perdurabilidad se refiere a las probabilidades de preservación en el registro arqueológico, incluyendo la conservación de las formas originales de los almidones y el tiempo que pueden conservarse en los diferentes ambientes. Prueba de ello es la identificación de plantas cultivadas y silvestres con miles de años en América, Oceanía y Próximo Oriente (Aceituno & Loaiza 2008, Barton 2005, Dickau *et al*. 2007, Iriarte *et al*. 2004, Loy 1994, Piperno *et al*. 2004, Wilson *et al*. 2010), incluso se han recuperado almidones en artefactos africanos del Pleistoceno datados en unos c. 100,000 años antes del presente (Mercader 2009). El tipo de hospedero es determinante en las probabilidades de preservación de los gránulos. Las superficies de artefactos como líticos y cerámica son el medio óptimo de preservación, dado que al penetrar unos milímetros en la microtopografía de las superficies de uso, se crean microambientes que previenen la degradación de los granos, de ahí que la mayoría de los estudios se realicen con artefactos (Dickau *et al*. 2007, Haslam 2004, Lentfer *et al*. 2002, Loy 2004, Perry 2004, Piperno & Holst 1998, Ugent *et al*. 1982, 1984, 1986). En suelos también se han recuperado almidones, principalmente este tipo de muestreo se ha realizado en estudios de Oceanía (Horrocks 2005, Horrocks *et al*. 2004, Lentfer *et al*. 2002); sin embargo, las probabilidades de preservación son menores, dado que dependen de las condiciones del suelo como pH, temperatura, textura y humedad y los constituyentes del suelo como enzimas, bacterias, hongos y gusanos (Haslam 2004). En algunos casos se han recuperado buenas cantidades de almidones en cálculo dental, ampliando las posibilidades de recuperación, análisis e interpretación de este tipo de evidencia (Hardy *et al*. 2009, Henry & Piperno 2008, Piperno & Dillehay 2008). En síntesis, los granos de almidón son partículas orgánicas con buenas posibilidades de preservación; sin embargo, también se

alteran y degradan, principalmente a través de procesos como hidrólisis, actividad enzimática y gelatinización cuando son sometidos a altas temperaturas (Henry *et al*. 2009, Messner & Schindler 2010); además, también son atacados por organismos como bacterias y hongos (Haslam 2004).

La Pochola

La Pochola es un sitio arqueológico localizado en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Depto de Risaralda), en las coordenadas geográficas Lat. 4° 53' 32.7" y Long. W 75° 38' 01.9" (Figura 1). El depósito arqueológico se encuentra en la cima de una colina de origen fluvio-volcánico, en el curso medio del río San Eugenio (afluente del río Cauca), a una altura de 1670 msnm; esta unidad geomorfológica forma parte de un conjunto de colinas, con un sustrato geológico formado por dioritas, basaltos, andesitas y grabros intrusivos, recubiertas de profundas capas de cenizas alteradas (Thouret 1983:59). El río San Eugenio forma un pequeño valle subandino en la Cordillera Central, en la zona de vida bosque muy húmedo premontano (Bmh-PM), en un rango altitudinal entre 1000 y 2000 msnm, con un promedio pluviométrico entre 2000 y 2750 mm y una temperatura entre 18-24 °C (Espinal 1990, IGAC 1998).

Los artefactos analizados proceden de las capas precerámicas seis y siete de La Pochola, que en términos cronológicos y ambientales se corresponden con el comienzo del Holoceno medio (Figura 2). En términos arqueológicos, ambas capas únicamente contienen artefactos líticos, producto de las actividades llevadas a cabo en el sitio; el principal material parental es la ceniza volcánica; el color varía entre marrón (10 YR 4/3) y marrón oscuro (10 YR 3/3) y la textura, según el sector, entre limo-arcillosa y arcillo-limosa. La capa siete está compuesta por tres niveles (14-15-16), contiene un promedio de fenocristales de 45% y está datada en 6903±45 BP (LTL4222A) (nivel 15). La capa seis también agrupa

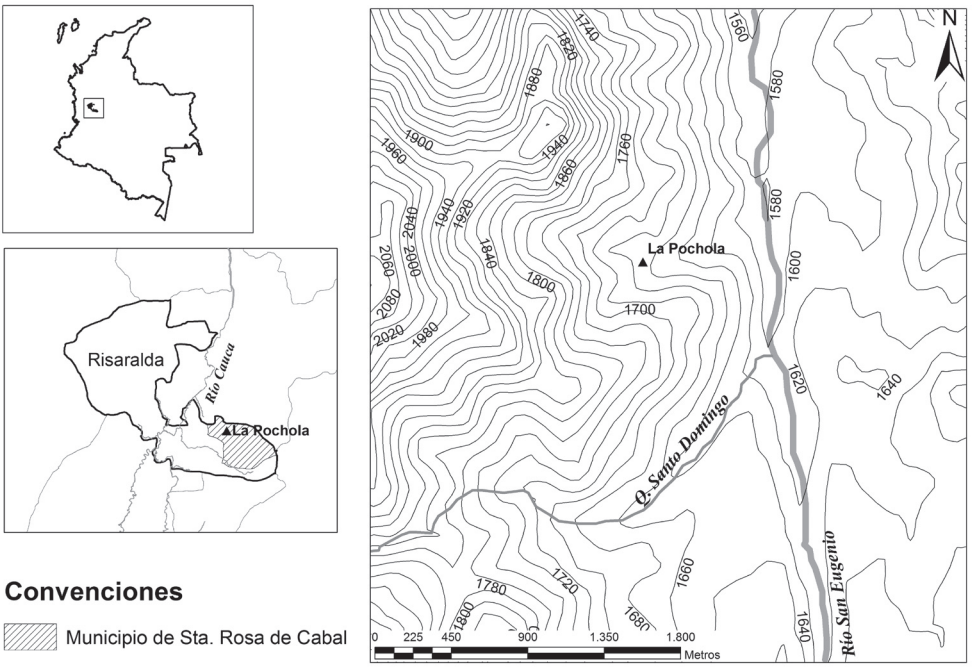

Figura 1. Localización del sitio arqueológico La Pochola.

a tres niveles (11, 12 y 13); está asociada a un evento volcánico, probablemente de mayor intensidad, como lo indica el aumento hasta un 55% de los fenocristales en la matriz sedimentaria. El nivel 12 está datado en 6743±45 BP (LTL4221A) (Tabla 1). De acuerdo con la cantidad de artefactos recuperados, las capas 6 y 7 representan los momentos de mayor ocupación del sitio durante el período precerámico.

En términos regionales el Holoceno medio (c.3000-7500 BP) fue un período de óptimo climático, más cálido y húmedo que el Holoceno temprano y que el presente con un aumento de la temperatura entre 1 y 2 °C (Salomons 1989:166, Thouret & Van der Hammen 1983:272). Sin embargo, a escala de sitio, los datos de polen sugieren un momento relativamente seco y cálido, antes del c.6700 BP; y un ligero enfriamiento y un aumento

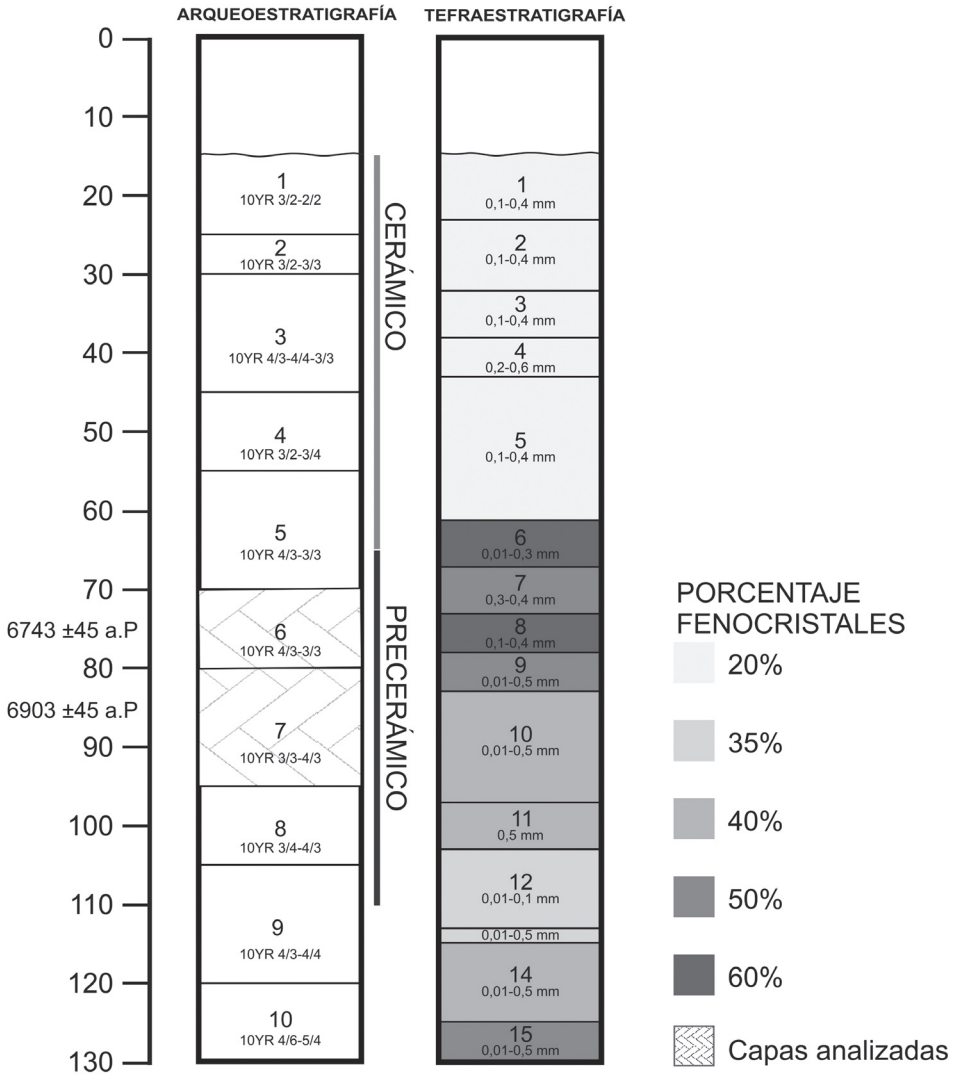

Figura 2. Perfil estratigráfico La Pochola.

de la humedad después de esta fecha. En cuanto a las erupciones regionales, entre el 7400 y el 6000 BP se registra una fase de extrusión de bloques de lava procedentes del Santa Isabel, Cerro Bravo y Tolima (Orozco 2001:14; Thouret & Van der Hammen 1983:275) que culmina hacia el c.6000 BP, en una fase de quietud volcánica que se evidencia en la formación de paleosuelos (Toro *et al.* 2001:28). En síntesis, las capas 6 y 7 coinciden con un momento dinámico en la actividad volcánica que no evitó la ocupación del sitio, y con ligeras variaciones climáticas, comunes durante el Holoceno medio.

Tabla 1. Fechas de radiocarbono La Pochola

Muestra	Años radiocarbónicos BP	Fechas calibradas BC OxCal 3.5		Material
		1 δ	2 δ	
LTL4222A	6903±45	5675-5620	5730-5610	Carbón
LTL4221A	6743±45	5840-5730	5900-5700	Carbón

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras analizadas se obtuvieron de artefactos de molienda, procedentes de los niveles 12-15 del sitio La Pochola. Se eligió esta clase de artefactos, en primer lugar, por su uso en el procesamiento de plantas (Rodríguez 2005), contrastado claramente a través del registro etnográfico; y, en segundo lugar, porque son los más idóneos para este tipo de análisis, dado que los granos de almidón se conservan muy bien en los intersticios de las superficies de las rocas. Para la extracción de las muestras se eligió el método de extracción en seco, que consiste en remover directamente el sedimento de la superficie de los artefactos con la ayuda de pinzas metálicas (Messner & Schindler 2010, Pagan *et al*. 2005, Piperno 2006b, Piperno & Holst 1998). El sedimento obtenido se depositó en tubos de ensayo herméticamente cerrados para evitar cualquier clase de contaminación con material actual.

Una vez obtenidas las muestras, el siguiente paso fue la aplicación de un protocolo de separación de los almidones y otros tejidos vegetales, de los sedimentos agregados a las paredes de los artefactos intervenidos. En primer lugar, se agregó hexametafosfato de sodio $(NaPO_4)_6$ para disgregar la muestra en un agitador magnético. Posteriormente, la muestra se centrifugó a 2000 r.p.m durante 15 minutos, para concentrar el residuo; una vez concentrada la muestra, se añadió una solución de agua pesada, preparada con cloruro de cesio (CsCl), con una densidad de 1.8 g/ml, con el fin de separar los granos de almidón mediante flotación (Dickau 2005, Dickau *et al*. 2007, Pagan *et al*. 2005, Piperno 2006a:60). La muestra se centrifugó durante cinco minutos a 2000 r.pm, para sedimentar las partículas más pesadas y permitir la flotación de los granos de almidón. De la superficie del sobrenadante se retiraron 2 ml, que fueron depositados en un nuevo tubo de ensayo. El último paso fue la disolución del agua pesada y la concentración de los granos de almidón; para ello se añadió agua destilada en el sobrenadante, se agitó la muestra y se centrifugó a 2000 r.p.m durante 15 minutos; este paso se repitió cuatro veces hasta concentrar el residuo en el fondo del tubo de ensayo. Del residuo final se montaron las placas portaobjetos y se procedió a su observación en un microscopio óptico de luz compuesta marca Olympus CX-41 con aumentos de 100X. Las placas fueron observadas en su totalidad, mediante un barrido en zig-zag, comenzando por el vértice inferior derecho.

La identificación taxonómica se basó en la comparación de variables métricas y morfológicas entre almidones de referencia y arqueológicos (Babot 2007, Dickau 2005, Dickau *et al.* 2007, Lentfer *et al.* 2002, Loy 1994, Perry 2002, Piperno 1998, 2006a). Las variables cuantitativas tenidas en cuenta fueron: 1) largo; 2) ancho y 3) diámetro. Todas las medidas fueron tomadas en micrómetros. Las variables morfológicas más diagnósticas para la identificación son: 1) forma; 2) forma y posición del *hilum*; 3) presencia, forma y posición de las fisuras; 4) presencia y

número de facetas o planos de presión que se forman durante la unión de los granos en las estructuras vegetativas; 5) presencia de *lamellae* o bandas de crecimiento y 6) presencia de cavidad central. El grado de certidumbre de la identificación está determinado por el grado de similitud y ajuste de las variables contrastadas, entre las muestras arqueológicas y las actuales.

Como material de referencia se ha utilizado una colección de plantas recolectadas en áreas del municipio de Santa Rosa de Cabal e identificadas en el Herbario de la Universidad de Antioquia; plantas comerciales originarias y altamente consumidas en los países del Neotrópico (Lalinde 2009). También se han utilizado publicaciones de almidones arqueológicos para la caracterización de los granos y la identificación taxonómica (Dickau *et al.* 2007, Perry 2004, Piperno 2006a, Piperno *et al*. 2007, Piperno & Dillehay 2008).

RESULTADOS

En total se recuperaron 325 granos en ocho muestras obtenidas de seis manos de moler y dos placas de molienda (Figura 3) correspondientes a los niveles 12-15 (Tabla 2). Cabe destacar la variación en la cantidad de granos recuperados por muestra, siendo muy clara la menor cantidad de granos recuperados en los niveles 12 y 13, con un total de 96 granos, respecto a los niveles 14 y 15, con un total de 229. Tales diferencias pueden deberse a factores diversos como aquellos que afectan la conservación de los granos de almidón o a la propia función de los artefactos, en relación con la intensidad de uso y el tipo de recursos procesados.

Tabla 2. Relación de almidones recuperados por artefacto y nivel.

Artefacto	Nivel	Número de granos
Mano de moler	12	17
Mano de moler	12	8
Mano de moler	12	13
Mano de moler	13	31
Mano de moler	13	27
Placa de moler	14	110
Mano de moler	15	90
Placa de moler	15	29

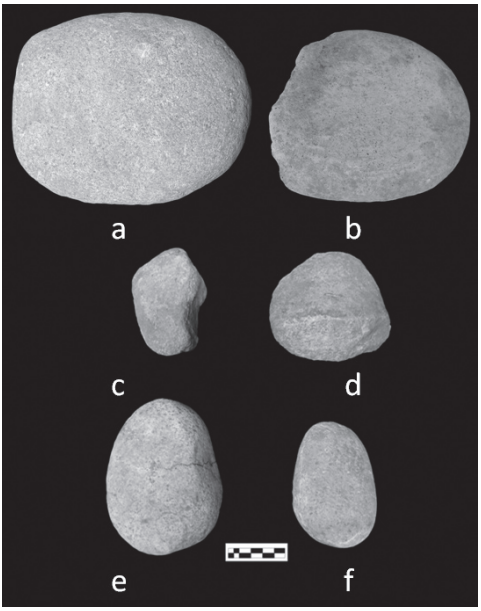

Figura 3. Artefactos de molienda. a y b: placas de molienda niveles 14 y 12; c: fragmento de mano nivel 12; d: mano de molienda nivel 13; e y f: manos de molienda nivel 15.

Como se observa en la tabla 3, en total se identificaron 25 morfotipos que pueden agruparse en cuatro clases. La primera clase está formada por granos con formas redondeadas (Figura 4h,f) (circular, circular acuminado, elongado, elongado acuminado, globular, globular acuminado, lagrima, lenticular, oval, oval acuminado, oval irregular, ovoide, reniforme, tetralobulado, trilobulado) que representan un 78.77% de todos los granos recuperados, siendo el morfotipo ovalado el más representativo en la muestra, con un porcentaje del 52.06%. La segunda clase está formada por el grupo de los granos campaniformes (simples, bifacetada, elongada) que representan el

9.24% del total de la muestra (Figura 4b,c). La tercera clase representa al 9.21% y agrupa a granos con formas subangulares y con abundantes facetas de presión (cuadrangular, poliédrico, romboidal, trapezoidal) (Figura 4a,d,i). La cuarta y última clase reúne a los granos irregulares con apenas un 2,55% sobre el total de la muestra (Figura 4e,f). En cuanto a las dimensiones, predominan claramente los granos medianos (10 y 20 µm); únicamente tres morfotipos (campana bifacetada, lenticular y ovoide) tienen un promedio de largo ligeramente inferior a 10 µm (granos pequeños) y dos morfotipos (trapezoidal y oval acuminado) por encima de 20 µm (granos grandes).

Con base en los datos de la tabla 4, se pueden observan algunas tendencias respecto al comportamiento de las variables cualitativas. Referente al *hilum*, las formas redondeadas vistas en conjunto presentan el menor número de granos con *hilum*, destacándose especialmente la escasa presencia entre los ovalados, que es el grupo más numeroso, con un 4.7%. La excepción de este grupo

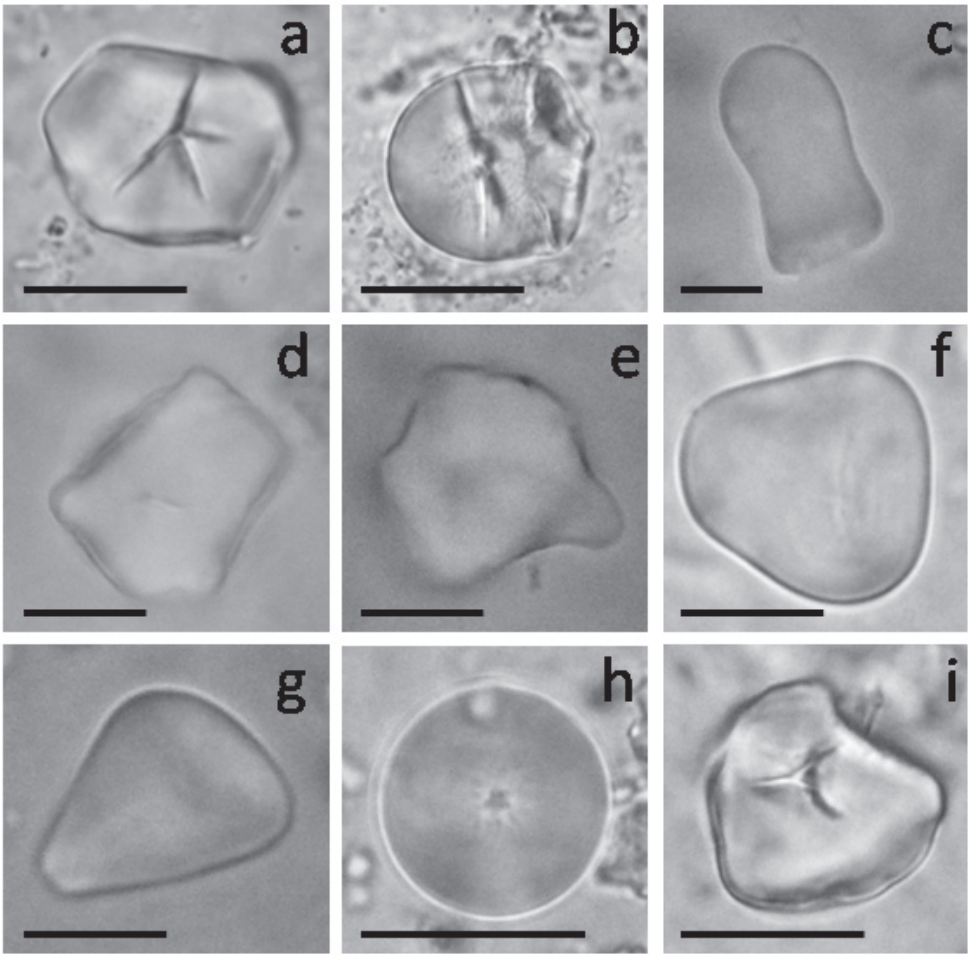

Figura 4. Almidones arqueológicos. a: poliédrico nivel 12; b: campana bifacetada nivel 13; c: campana elongada nivel 15; d: rectangular nivel 15; e y f: irregular nivel 15; g: triangular nivel 15; h: circular nivel 13; i: poliédrico nivel 15. Escala 10µm.

son los circulares con un valor del 50%; los lenticulares y los ovoides tienen un porcentaje de 33.33% y 21.42% respectivamente. Los granos poliédricos y los de campana tienen una alta presencia de *hilum* con valores de 57.69% y 47.71%. Hay otras formas con valores mayores, como es el caso de los globulares (100%), los cuadrangulares (100%), los irregulares (87.5%) y los elongados (40%); sin embargo, hay que tener en cuenta el bajo número de individuos de cada uno de estos morfotipos. Respecto a la presencia de fisuras, en general el número de granos con fisura no es muy elevado; empero, hay que destacar la presencia en los morfotipos reniforme (41.66%), oval (37.16%), poliédricos (23.07%), circulares (26.31%), campana (19.04%) y ovoide (14.28%). La *lamellae* únicamente se observa en los morfotipos redondeados, destacándose los valores en ovalado irregular (50%), reniforme (41.7%), oval (37.8%) y lenticular (33.33%).

En síntesis, entre los grupos más numerosos, las formas de campana se caracterizan por un alto porcentaje de granos con *hilum* y fisuras y la invisibilidad de la *lamellae*. Los granos ovalados se destacan por la alta presencia de fisuras, y *lamellae*, la baja presencia de *hilum* abierto y la ausencia de facetas de presión. Los ovoides por la ausencia de *lamellae* y facetas de presión y la presencia de *hilum* y fisuras. Los granos circulares por la alta presencia de *hilum* y fisuras, y la baja presencia de *lamellae*. Los granos poliédricos por la alta presencia de *hilum* y fisuras, por la presencia de facetas de presión y la invisibilidad de *lamellae*.

Tabla 3. Variables cuantitativas de los morfotipos identificados.

Morfotipo	N	%	Promedio Largo µm	Desv. Stand. µm	Promedio Ancho µm	Desv. Stand. µm	Ø	Desv. Stand. µm
1.Campana simple	21	6.7	11.6	4.2	10.4	5.1	-	-
2. Campana bifacetada	5	1.59	8	3.4	9.5	3.1	-	-
3. Campana elongado	3	0.95	11.4	3.7	7.3	1.1	-	-
4. Circular	38	12.14	-	-	-	-	6.9	0.5
5. Circular acuminado	1	0.3	11.4	-	10.8	-	-	-
6.Cuadrangular	4	1.27	10.98	4	10.6	3.4	-	-
7. Elongado	5	1.59	11.3	3.8	7.5	1.4	-	-
8. Elongado acuminado	3	0.95	14.6	4.2	10.4	2.7	-	-
9. Globular	4	1.27	12.8	1.7	12.4	1.9	-	-
10. Globular acuminado	1	0.3	13.1	-	12.15	-	-	-
11.Irregular	8	2.55	14.6	2.2	12.3	2.1	-	-
12. Lagrima	1	0.3	11.3	-	8.6	-	-	-
13. Lenticular	3	0.95	9.7	1.2	8.8	3		
14. Oval	148	47.28	12	1.4	9.6	1.2	-	-
15. Oval acuminado	7	2.23	20.1	8.8	16.7	1.6	-	-
16. Oval irregular	8	2.55	11.4	4.9	8.6	3.9	-	-
17. Ovoide	14	4.47	9.3	2.9	7.2	2.5	-	-
18. Poliédrico	26	8.3	17.5	2.1	16.2	2.1	-	-
19. Rectangular	2	0.63	16.38	0.63	12.1	0.31	-	-
20. Reniforme	12	3.83	17.9	2.8	12.8	2.3	-	-
21. Romboidal	3	0.95	11.6	1.4	8.1	0.25	-	-
22.Tetralobulado	1	0.3	14.9	-	14.5	-	-	-
23. Trapezoidal	1	0.3	20.8	-	16.2	-	-	-
24. Triangular	5	1.59	10.6	3.9	10.2	3.1	-	-
25.Trilobulado	1	0.31	17.9	-	16.8	-	-	-
Total	313	100						

Tabla 4. Variables cualitativas de los morfotipos identificados.

Morfotipo	N	Forma *hilum*	Localización *hilum*	Fissures	Pressure facets	Lamellae
Campana	21	Puntiforme: 4 Estrellado: 2 Y:4	Céntrico: 7 Excéntrico: 3	4	42	No visible
Campana bifacetada	5	-	-	1	10	No visible
Campana elongado	3	Puntiforme: 2	Céntrico: 1 Excéntrico: 1	0	2	No visible
Circular	38	Puntiforme: 7 Y: 6 Estrellado: 4 Lineal : 1 Wing shape: 1	Céntrico: 14 Excéntrico: 5	10	0	Presente 5.3%
Circular acuminado	1	Puntiforme: 1	Excéntrico: 1	0	0	No visible
Cuadrangular	4	Puntiforme: 3 V: 1	Céntrico: 3 Excéntrico: 1	0	0	No visible
Elongado	5	Puntiforme: 1 Y: 1	Excéntrico : 2	0	1	No visible
Elongado acuminado	3	Estrellado: 1 Y: 1 V: 2	Céntrico: 2 Excéntrico: 1	0	1	No visible
Globular	4	Puntiforme: 2 Estrellado: 1 Y: 1	Céntrico: 4	0	2	No visible
Globular acuminado	1	-	-	0	1	No visible
Irregular	8	Puntiforme: 6 Y: 1	Céntrico: 6 Excéntrico: 1	0	4	No visible
Lagrima	1	-	-	0	0	No visible
Lenticular	3	Puntiforme: 1	Excéntrico: 1	0	1	Visible 33.33%
Oval	148	Puntiforme: 5 Y: 2	Céntrico: 3 Excéntrico: 4	55	29	Visible 37.8%
Oval acuminado	7	-	-	0	0	Visible 14.3%
Oval irregular	8	Y: 2	Excéntrico: 2	0	1	Presente 50%
Ovoide	14	Puntiforme: 3	Céntrico: 1 Excéntrico: 2	2	0	Ausente
Poliédrico	26	Estrellado: 3 Puntiforme: 10 Y: 6 Lineal: 1	Céntrico: 15 Excéntrico: 6	6	64	Ausente
Rectangular	2	Wing shape: 2	Excéntrico: 2	1	4	Ausente
Renirforme	12	-	-	5	0	Presente 41.7%
Romboidal	3	Puntiforme: 3	Céntrico: 3	0	1	Ausente
Tetralobulado	1	-	-	0	0	Ausente
Trapezoidal	1	Puntiforme: 1	Excéntrico: 1	0	3	Ausente
Triangular	5	U:1	Céntrico:1	1	1	Ausente
Trilobulado	1	-	-	1	0	Ausente

De los morfotipos anteriores, 33 granos ovalados y un grano reniforme recuperados en los artefactos líticos presentan características que son comunes al género *Phaseolus* (Figura 5). De los primeros, el 51.4% es visible la *lamellae*, el 51.5 % tienen fisuras, el 12.1% tienen *hilum* abierto y ninguno presenta facetas de presión. La principal característica del grano reniforme es la presencia de *lamellae*. Estos morfotipos se han comparado con almidones obtenidos del endosperma de siete variedades de *P. vulgaris* (común, negro, cocha, espiga, palomo, costeño y garrapato), una variedad de *P. coccineus* (frijol petaco) y una muestra de *P. dumosus* Mc Fad (HUA 174494), recolectada en Santa Rosa de Cabal (Figura 6). En todas las variedades predominan los granos grandes con un promedio de largo que varía entre 18.4 y 50.1 µm y de ancho entre 12.1 y 30.9 µm; ninguno tiene facetas de presión, la visibilidad de *lamellae* realmente es muy variable desde variedades con un 100% de visibilidad (var. negro, var. garrapato) hasta variedades donde no se observa (petaco, cocha, espiga, palomo, costeño, silvestre), la variedad común presenta un porcentaje de 65.8%. En conjunto el promedio es bajo con un valor de 29,53%. La presencia de fisuras también es variable, con porcentajes muy dispares entre 4.9% (var.común) y 93.3% (var.negro) y valores intermedios entre los que sobresalen 67% (var. espiga), 50% (var. cocha), 41.2% (var. garrapato) y 23.5% (*P. dumosus*); sin embargo, hay que recordar que este rasgo depende del grado de degradación de los granos de manera que su valor taxonómico es muy relativo. El porcentaje del *hilum* también es muy disímil, hay variedades con porcentajes absolutos de 100% (var. negro y cocha) y otros con porcentajes bajos de 11,1% (var.garrapato), 20% (var. palomo), 21,4% (var.espiga) y 23,5% (var. silvestre); otras variedades tienen porcentajes intermedios con valores de 64,1% (var. común) y 57,1% (var. petaco). En conjunto el promedio de granos con *hilum* es de 58,8%.

Los granos reniformes de *Phaseolus* spp. presentan las siguientes características: el rango de tamaño es similar al de los granos ovalados. Ninguno presenta facetas de presión y los porcentajes de *lamellae* también son muy diversos entre las variedades, con valores absolutos de 100% (var. negro y petaco), bajos alrededor del 22 % (var. costeño y garrapato), hasta variedades que no es visible (var. cocha, espiga, palomo y *P. dumosus*). El porcentaje promedio de las muestras analizadas es de 33,88%. En el caso de las fisuras, el porcentaje promedio es de un 20,17%, con variedades con un 100% (espiga) y otras que no muestran fisuras (común, cocha, costeño, garrapato). La visibilidad del *hilum* es alta con un promedio de 62,4%, Únicamente las variedades costeño, espiga y garrapato tienen porcentajes inferiores al 50%. Con base en los datos anteriores (arqueobotánicos y de referencia), todavía no podemos determinar si los almidones arqueológicos se corresponden con especies silvestres o domesticadas, ya que se requieren más muestreos de especies silvestres para determinar si es posible establecer una clara diferencia entre variedades silvestres y domesticadas.

Phaseolus es un género perteneciente a la familia Fabaceae, cuyas dos especies alimenticias más importantes en América son *Phaseolus vulgaris* (fríjol común) y *P. lunatus* (lima). Las especies silvestres de *P. vulgaris* tienen una amplia distribución en América desde México hasta el sur de los Andes de Perú, Bolivia y Argentina, prefiriendo hábitats con una estación seca, temperaturas templadas, y una altura que varía según la región, que puede ir desde los 900 hasta los 2600 msnm en la región andina (Piperno & Pearsall 1998:134). La distribución natural más la evidencia genética sugiere que hubo tres posibles centros de domesticación de *P. vulgaris* independientes: centro-oeste de México, Guatemala, norte de

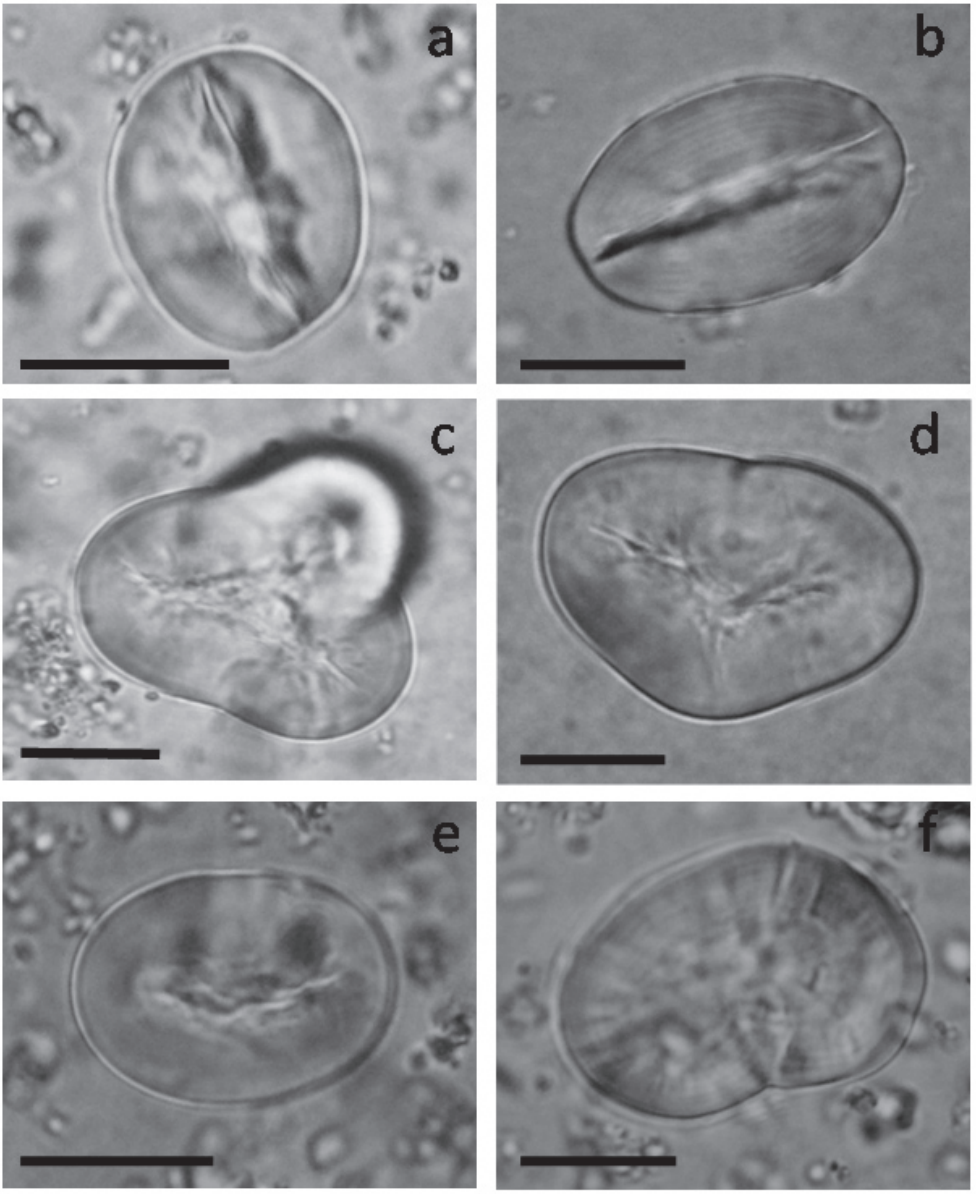

Figura 5. Almidones arqueológicos. a: reniforme nivel 14; b: ovalado nivel 14; c: trilobulado nivel 13; d: ovalado acuminado nivel 13; e: ovalado nivel 13; f: reniforme nivel 13. Escala 10μm.

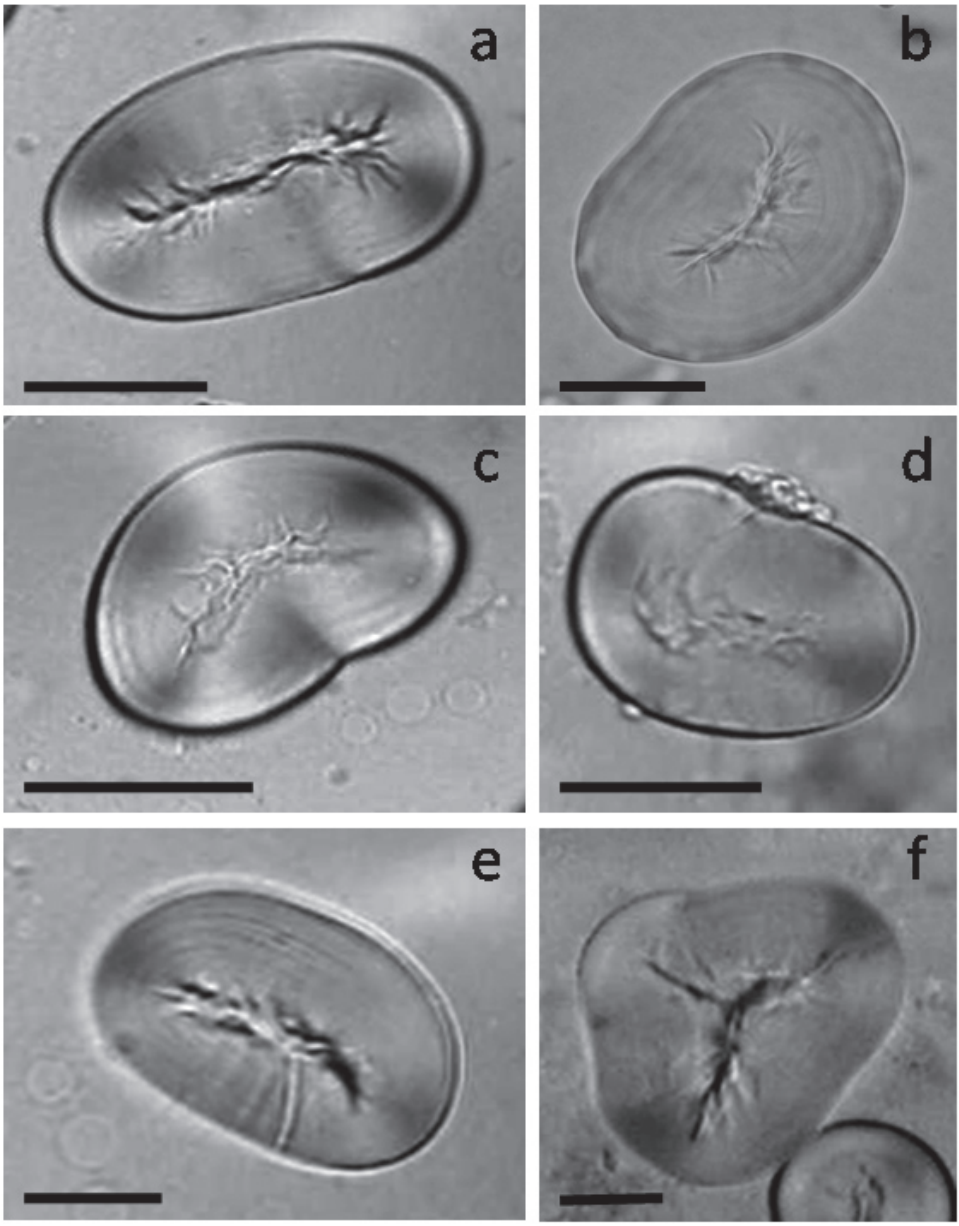

Figura 6. Almidones de de referencia *Phaseolus vulgaris*. a, b y e: ovalados var. costeño (a y b) y común; c y d: reniformes var. palomo; f: trilobulado var. común. Escala 10µm.

Colombia y sureste de Perú/Bolivia (Chacón 2009, Gepts *et al.* 1986, Kaplan & Lynch 1999, Kwak *et al*. 2009, Piperno & Pearsall 1998). En América Central las fechas sitúan la domesticación entre el c.4000 y el c.2000 BP (Balter 2007, Pickersgill 2007); mientras que en los Andes Centrales (Perú) se remonta entre el c.7000 y el c.8000 BP (Balter 2007, Piperno & Dillehay 2008). En el caso de *P. lunatus*, a pesar de que existen especies silvestres desde Centroamérica hasta Argentina, su domesticación se circunscribe a dos regiones: i) Mesoamérica, ii) entre el suroeste de Ecuador y el norte de Perú, en una zona con estación seca y elevaciones intermedias (Chacón 2009, Kaplan & Lynch 1999, Piperno & Pearsall 1998:137-138). De estas dos especies, la más digerible y menos tóxica es *P. vulgaris*, lo cual es probable que haya determinado, en parte, su amplia y rápida dispersión continental, cruzándose con especies silvestres locales.

DISCUSIÓN

Los análisis de almidones, junto a otras partículas, han perfeccionado los estudios traceológicos y paleoecológicos en la arqueología colombiana. En el primer caso, han permitido determinar la función de los artefactos de piedra usados en el procesamiento de plantas; en el segundo, han ampliado los métodos de estudio sobre el uso de plantas por parte de las sociedades del pasado. Los resultados obtenidos a través del análisis de almidones han permitido avances metodológicos y paleoecológicos relevantes para determinar las estrategias de subsistencia durante el Holoceno medio en el Cauca medio, y este trabajo es una prueba evidente de ello.

En cuanto a los resultados obtenidos, en primer lugar hay que destacar la propia recuperación de granos de almidón de los artefactos líticos, placas y manos de molienda, lo que ha permitido determinar con evidencias directas la función de esta clase de instrumentos, superando claramente los clásicos estudios morfológicos y clasificatorios. Sobre la técnica de recuperación, como se ha descrito anteriormente, se utilizó la extradición directa y en seco; al respecto, es cierto que si bien esta técnica es efectiva y utilizada por otros investigadores (Piperno & Holst 1998, Piperno 2006a) hay otras métodos como el baño ultrasónico, que tiene la ventaja de que minimiza el impacto sobre la superficie de los artefactos (Perry 2004). Los resultados positivos están avalados por el propio número de residuos de almidones recuperados, un promedio de 40,62 granos por artefacto lítico, lo cual puede considerarse muy alto, si se tiene en cuenta la antigüedad de las muestras, el carácter orgánico y el efecto de los procesos tafonómicos, inherentes a cualquier tipo de evidencia arqueológica.

Sumado a la gran cantidad de granos recuperados hay que añadir el buen estado de conservación de éstos, lo que ha permitido una buena caracterización cuantitativa y cualitativa, lo cual supone un insumo futuro a la hora de ir construyendo una clasificación de almidones para la arqueología colombiana, con especial énfasis en la zona andina, donde se ha realizado este estudio. En este sentido, se han recuperado 25 morfotipos diferentes, lo cual demuestra la variabilidad y diversidad de este tipo de partículas vegetales, lo que constituye uno de los principios básicos de este tipo de análisis.

Con base en la diversidad morfológica y en la comparación con variedades domesticadas de *Phaseolus* se propone el uso de este género durante el Holoceno medio, sin que por el momento podamos plantear si se trata de una especie silvestre o en proceso de domesticación, lo cual habrá que determinar con futuros trabajos en la zona de estudio. Empero, a pesar de ello, los datos que hemos presentado en el artículo son muy promisorios a nivel continental para rastrear

y documentar la domesticación de *P. vulgaris*, si tenemos en cuenta que la región andina de Colombia forma parte de las áreas nucleares de esta leguminosa (Chacón 2009, Gepts *et al*. 1986, Piperno & Pearsall 1998:134).

Respecto al resto de los morfotipos descritos, algunos de ellos son similares a plantas domesticadas como *Zea mays* (poliédricos) (Figura 4a) y *Manihot esculenta* Crantz (forma de campana) (Figura 4b); empero, dado que todavía es necesario ampliar la colecta de la flora del área de estudio, por el momento, optamos por la prudencia, antes de proponer una identificación taxonómica. Siempre que sea posible, la identificación, además del uso de las colecciones de referencia, debería apoyarse en datos palinológicos, carpológicos, fitolíticos y paleoetnobotánicos, debido a que varias especies pueden compartir tipos de almidones, lo que constituye una de las dificultades de este tipo de análisis.

Los granos de almidón junto a la tecnología lítica, sugieren la importancia del uso de plantas como una importante estrategia adaptativa entre los grupos que habitaron en el Cauca medio durante el Holoceno medio. El registro de polen recuperado en otros contextos arqueológicos de la zona, muestra cambios en la vegetación que debieron estar inducidos, no solamente por la presencia humana, sino por el manejo del bosque y uso de plantas como recursos alimenticios (Aceituno 2009, Aceituno & Loaiza 2007; 2008), lo cual corrobora y avala la información obtenida a través de los almidones y los artefactos líticos. Entre los datos más importantes cabe resaltar la presencia de plantas autóctonas con uso alimenticio como *Xanthosoma* spp. (sitio El Jazmín), desde el Holoceno temprano (c.9000 BP) y *Passiflora* spp. (sitio Guayabito) hacia el final del Holoceno medio (c.4000 BP); plantas domesticadas de origen foráneo como *Zea mays* (El Jazmín y Guayabito) entre el c.6000 y el c.4000 BP y plantas de origen incierto como *Manihot* spp (El Jazmín y Guayabito), en el mismo intervalo cronológico que *Z. mays*. Además de estas plantas, se recuperó una cantidad importante de polen de palmas pertenecientes a los géneros *Bactris* spp., *Geonoma* spp., *Socratea* spp., y *Scheelea* spp., que constituyen potenciales recursos económicos (Aceituno 2002, Aceituno & Loaiza 2007, 2008). Vistos en su conjunto, estos datos que indican algún tipo de manejo de plantas refuerza la hipótesis de que la variedad de *Phaseolus* spp., identificada mediante granos de almidón, fuera cultivada, aun sin establecer su estatus de silvestre o domesticado, como ya se ha señalado.

Actualmente, con base en estudios etnográficos se han planteado modelos muy importantes sobre el manejo de ambientes similares por parte de sociedades de pequeña escala (Andrade 1993, Balée 1989, 1998, 2006, Balée & Gely 1989, Gutiérrez 2003, Johnson 1983, Politis 1996, 2007, Posey 1984, Rival 1998, 2006, Wiersum 2004). Balée y Gely (1989) utilizan el concepto de manejo del bosque para referirse a la manipulación de plantas (silvestres, domesticadas y semidomesticadas) que afectan a la distribución natural de los recursos, induciendo su concentración en parches con diferentes niveles de manejo y control antrópico, siendo la principal consecuencia la aparición de bosques antropogénicos resultado de interacciones bioculturales milenarias, como son actualmente los bosques de palmas de la Amazonía o los bosques de nueces y bambúes de Brasil (Balée 1989). Este modelo de alteración se basa en la "*hipótesis de alteración intermedia*" que consiste en el aumento de la diversidad de especies vegetales y animales, como consecuencia directa de la alteración del medio (Balée 2006).

En síntesis, los datos arqueobotánicos del río San Eugenio (Cuaca medio) indican, por

una parte, uso de plantas locales, ricas en carbohidratos, como parte de una estrategia de manejo del bosque, entre las que se encuentra una especie de *Phaseolus* spp. que, por el momento, no hemos podido identificar y, por otra, la llegada de plantas domesticadas durante el Holoceno medio; esto indica que las plantas domesticadas de origen foráneo se adaptaron a las condiciones locales de manejo y manipulación del bosque.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, al Departamento de Antropología y al Grupo Medioambiente y Sociedad de la Universidad de Antioquia (UdeA) por su apoyo logístico. A la Vicerrectoría de Investigación quien financió el proyecto *Patrón de movilidad y estructura interna de los sitios tempranos en la vertiente oriental andina del Cauca medio*, del cual forman parte los resultados presentados en el artículo. Al profesor Ramiro Fonnegra del Instituto de Biología (UdeA), por facilitar el uso del laboratorio de palinología. A Alexis Jaramillo por su colaboración en los análisis estratigráficos. A Eduardo Goes Neves por la traducción del resumen en portugués. A Hernán Pimienta y Tulio A. Ceballos por su colaboración en la edición final del texto y, por último, a Nicolás Loaiza por sus valiosas sugerencias. A los evaluadores anónimos por sus pertinentes y enriquecedores comentarios. Por supuesto, toda responsabilidad sobre el contenido del artículo recae en los autores.

LITERATURA CITADA

Aceituno, F.J. 2002. Interacciones fitoculturales en el Cauca Medio durante el Holoceno Temprano y Medio. Arqueología del Área Intermedia 4: 89-113.

Aceituno, F.J. 2009. Perspectivas teóricas en el estudio de la domesticación de plantas y los orígenes de la agricultura en Colombia. En: J. Rosique & S. Turbay (Eds.) *Ecosistemas y culturas*. Universidad de Antioquia, Medellín. Pp: 87-104.

Aceituno, F.J. & N. Loaiza. 2007. Domesticación del Bosque en el Cauca Medio Colombiano entre el Pleistoceno Final y el Holoceno Medio. BAR International Series 1654. Archaeopress. Oxford.

Aceituno, F.J. & N. Loaiza. 2008. Rastreando los orígenes de la agricultura en la vertiente oriental del Cauca medio. En: C. López and G. Ospina (eds.) Ecología Histórica: interacciones sociedad ambiente a distintas escalas socio temporales, 68-73. Pereira: UTP-Universidad del Cauca-SCAR.

Andrade, A. 1993. Sistemas agrícolas tradicionales en el Medio río Caquetá. En: F. Correa (ed.) La Selva Humanizada: Ecología alternativa en el trópico húmedo colombiano. ICANH, FEN Colombia, CEREC, Bogotá. Pp: 63-86.

Babot, P. 2007. Granos de almidón en contextos arqueológicos: posibilidades y perspectivas a partir de casos del noroeste argentino. En B. Marconetto, P. Babot & N. Oliszewski (eds) Paleoetnobotánica del cono sur. Museo de Antropología FFyH-UNC, Ferreyra Editor, Córdoba. Pp:95-125.

Balée, W. 1989. The culture of Amazonian forests. Advances in Economic Botany 7: 1-121.

Balée, W. 1998. Historical ecology: premises and postulates. In: W. Balée (ed.) Advances in historical ecology. Columbia University Press, Nueva York. Pp: 13-29.

Balée, W. 2006. The research program of historical ecology. Annual Review of Anthropology 35: 75-98.

Balée, W. & A. Gely. 1989. Managed forest sucession in Amazonia: the Ka'apor Case. Advances in Economic Botany 7: 129-158.

Balter, M. 2007. Seeking agriculture's ancient roots. Science 315: (5833): 1830-1835.

Barton, H. 2005. The case for rainforest foragers: the starch record at Niah Cave,

Sarawak. Asian Perspectives 44 (1): 56-72.

Castillo, N. & F. J. Aceituno. 2006. El bosque domesticado el bosque cultivado: un proceso milenario en el valle medio del río Porce en el noroccidente colombiano. Latin American Antiquity (17) 4: 561-578.

Cavelier, I., C. Rodríguez, L. Herrera, G. Morcote & S. Mora. 1995. No solo de la caza vive el hombre ocupación del bosque amazónico, holoceno temprano. En I. Cavelier & S. Mora (eds.) Ámbito y ocupaciones tempranas de la América Tropical. Fundación Erigaie, Instituto Colombiano de Antropología: Bogotá. Pp: 27-44.

Chacón, M.I. 2009. Darwin y la domesticación de plantas en las Américas: el caso del maíz y el fríjol. Acta Biológica Colombiana 14 (4s): 351-364.

Cortella, A.R. & M.L. Pochettino. 1994. Starch grain analysis as a microscopic diagnostic feature in the identification of plant material. Economic Botany 48(2): 171-181.

Correal, G. 1986. Apuntes sobre el medio ambiente pleistocénico y el hombre prehistórico en Colombia. En: A. Bryan (ed,) New evidence for the Pleistocene peopling of the Americas. Orono: Center for Study of Early Man, University of Maine. Pp: 115-131.

Correal, G. T. & T. van der Hammen. 1977. Investigaciones arqueológicas en los abrigos rocosos del Tequendama. 12000 años de historia del hombre y su medioambiente en la altiplanicie de Bogota. Fondo de Promoción de la Cultura del Banco Popular, Bogotá.

Dickau, R. 2005. Resource use, crop dispersal, and the transition to agriculture in prehistoric Panama: evidence from starch grains and macroremains. Doctoral Dissertation, Temple University. Philadelphia.

Dickau, R., A.J Ranere & R. Cooke. 2007. Starch grain evidence for the preceramic dispersals of maize and root crops into tropical dry and humid forest of Panama. PNAS 14 (9): 3651-3656.

Esau, K. 1953. Plant Anatomy. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York.

Espinal, L. S. 1990. Zonas de vida de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Gepts, P., T.C. Osborn, K. Rashka & F.A. Bliss. 1986. Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of the common bean (Phaseolus vulgaris): evidence for multiple centers of domestication. Economy Botanic 40: 451-468.

Gnecco, C. 2000. Ocupación temprana de bosques tropicales de montaña. Universidad del Cauca. Popayán.

Gnecco, C., 2003. Agrilocalities during the Pleistocene/Holocene transition in Northern South America. In M. Salemme, N. Flegenheimer & L. Miotti (eds.) The South Winds Blow, Ancient Evidence of Paleo South Americans. Center for the Study of the First Americans, Texas A & M University Press, Corvalis. Pp: 7-12.

Gnecco, C. & H. Salgado. 1989. Adaptaciones precerámicas en el suroccidente de Colombia. Boletín del Museo del Oro 24:35-55.

Gnecco, C. & S. Mora. 1997. Late Pleistocene/early Holocene tropical forest occupations at San Isidro and Peña Roja, Colombia. Antiquity 71: 683-690.

Gutiérrez, R. 2003. Cazadores-recolectores y el bosque. Maguaré 17: 285-303.

Haslam, M. 2004. The decomposition of starch grain in soils: implications for archaeological residues analyses. Journal of Archaeological Science 31 (12): 1715-1734.

Hardy, K., T. Blakney, L. Copeland, J. Kirkham, R. Wrangham & M. Collins. 2009. Starch granules, dental calculus and new perspectives on ancient diet. Journal of Archaeological Science 36: 248-255.

Henry, A,G. & D. Piperno. 2008. Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from tell al-Raqa'I,

Syria. Journal of Archaeological Science 35: 1943-1950.

Henry, A.G., H.F. Hudson & D. Piperno. 2009. Changes in starch grain morphologies from cooking. Journal of Archaeological Science 36: 915-922.

Holst, I., J. E. Moreno & D. Piperno. 2007. Identification of teositne, maize and Tripsacum in Mesoamerica by using pollen, starch grains and phitoliths. PNAS 104 (45):17608-17613.

Horrocks, M. 2005. A combined procedure for recovering phytoliths and starch residues from soils, sedimentary deposist and similar materials. Journal of Archaeological Science 32: 1169-1175.

Horrocks. M., G. Irwin, M. Jones & D. Sutton. 2004. Starch grains and xylem cells of sweet potato (*Ipomea batatas*) and bracken (*Pteridium esculentum*) in archaeological deposits from northen New Zeland. Journal of Archaeological Science 31: 251-258.

IGAC. 1998. Paisajes Fisiográficos ORAM – Colombia.

Iriarte, J., I. Holst, O. Marozzi, C. Listopad, E. Alonso, A. Rinderknecht & J. Montaña. 2004. Evidence for cultivar adoption and emerging complexity during the mid-Holocene in the la Plata basin. Nature 432: 614-617.

Johnson, A. 1983. Machiguenga Gardens. In: R. Hames & W. Vickers (eds) Adaptive Responses of Native Amazonians. Academic Press, San Diego. Pp: 29-64.

Kaplan, L. & T. Lynch. 1999. *Phaseolus* (Fabaceae) in archaeology: AMS radiocarbon dates and their significance for pre-columbian agriculture. Economic Botany 53 (3): 261-272.

Kwak, M., A. J. Kami & P. Gepts. 2009. The putative Mesoamerican domestication center of *Phaseolus vulgaris* is located in the Lerma-Santiago basin of Mexico. Crop Science 49: 55-563.

Lalinde, V. 2009. Colección de referencia para la identificación de almidones arqueobotánicos. Trabajo de grado, Departamento de Antropología, Universidad de Antioquia, Medellín.

Lentfer, C., M. Therin & R. Torrence. 2002. Sarch grains and environmental reconstruction: a modern test case from west new Britain, Papua New Guinea. Journal of Archaeological Science 29: 687-698.

Loy, T. 1994. Methods in the analysis of starch residues on prehistoric stone tools. In: J. G. Hather Tropical archaeobotany. Applications and new developments. Routledge, Londres and Nueva York. Pp: 86-111.

Mercader, J. 2009. Mozambican grass seed consumption during the Middle Stone Age. Science 326 (5960): 1680-1683

Messner, T.C, & B. Schindler. 2010. Plant processing strategies and their affect upon starch grain survival when rendering *Peltandra virginica* (L.) Kunth, Araceae edible. Journal of Archaeological Science 37: 328-336.

Morcote, G., G. Cabrera, D. Mahecha, C. Franky & Cavelier, I. 1998. Las palmas entre los grupos cazadores-recolectores de la Amazonía colombiana. Caldasia 20 (1): 57-74

Orozco, J. L. 2001. Las cenizas volcánicas en el territorio de Pereira y sus alrededores. En VVAA Suelos del eje cafetero. Proyecto U.T.P-GTZ, Facultad de Ciencias Ambientales, Cooperación Alemana al Desarrollo, Pereira. Pp:9-15.

Pagan, J. R. M.A. Rodríguez, L.A. Chanlatte & Y. Narganes. 2005. La temprana introducción y uso de algunas plantas domesticas, silvestres y cultivos en las Antillas precolombinas. Una primera revaloración desde la perspectiva del arcaico de Vieques y Puerto Rico. Diálogo Antropológico 10: 7-33.

Perry, L. 2002. Starch granule size and the domestication of manioc (*Manihot esculenta*) and sweet potato (*Ipomea batatas)*. Economic Botany 56 (4): 335-349.

Perry, L. 2004. Starch analyses reveal the relationship between tool type and

function: an example from Orinoco valley of Venezuela. Journal of Archaeological Science 31: 1069-1081.

Pickersgill, B. 2007. Domestication of plants in the Americas: insights from Mendelian and molelcular genetics. Annals of Botany 100: 925-940.

Piperno, D. 1998. Paleoethnobotany in the Neotropics from microfossils: new insights into ancient plant use and agricultural origins in the tropical forest. Journal of World Prehistory 12 (4):393-449.

Piperno, D. 2006a. Identifying Manioc (Manihot esculenta Crantz) and other crops in Pre-Columbian Tropical America through starch grain analysis a case study from Central Panama. In: M.A Zeder, D.G. Bradley, E. Emshwiller & B.D. Smith (Eds) Documenting Domestication New Genetic and Archaeological Paradigms. University of California Press, Berkeley. Pp: 46-67.

Piperno, D. 2006b. *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Altamira Press, Lanham Md.

Piperno, D. 2009. Crop plants with phytoliths (and starch grains) in Central and South America: A review and an update of the evidence. Quaternary International 193: 146-159.

Piperno, D., A. Ranere, I. Holst, J. Iriarte & R. Dickau. 2007, Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico, Proceedings of the National Academy of Sciences (106) 13:5019-5024.

Piperno, D. & D. Pearsall. 1998. *The origins of agriculture in the lowland Neotropics*. Academic Press, San Diego.

Piperno, D., E. Weiss, I. Holst & D. Nadel. 2004. Processing of wild cereals grains in the Upper Paleolithic revealed by starch grains analysis. Nature 407: 894-897.

Piperno, D. & I. Holst. 1998. The presence of starch grains on prehistoric stone tools from de humid Neotropics: indications of early tuber use and agriculture en Panamá. Journal of Archaeological Science 25: 765-776.

Piperno, D. & T. Dillehay. 2008. Starch grains on human teeth reveal early broad crop diet in northen Peru. PNAS 105 (50): 19622-19627.

Politis, G. 1996. Moving to produce: Nukak mobility and settlement patterns in Amazonia. World Archaeology 27 (3): 492-511.

Politis, G. 2007. Nukak: Ethnoarchaeology of an Endangered Amazonian People. Left Coast. California.

Posey, D. A. 1984. A preliminary report on diversified management of tropical forests by the Kayapó indians of the Brazilian Amazon. Advances in Economic Botany 1: 112-126.

Rival, L. 1998. Domestication as a Historical and Symbolic Process: wild gardens and cultivated forests in the Ecuadorian Amazon. In: W Balée (ed) Advances in Historical Ecology. Columbia University Press, Nueva York. Pp: 232-250.

Rival, L. 2006. Amazonian historial ecologies. Journal of the Royal Anthropological Institute (N.S): 79-94.

Rodríguez, R. 2005. The function of the edge ground cobble put to the test an initial assessment. Journal of Caribbean Archaeology 6: 1-22.

Salgado, H. 1988-1990. Asentamientos precerámicos en el alto medio río Calima, cordillera Occidental, Colombia. Cespedesia 57-58: 139-162.

Salomons, J. B. 1989. Paleoecology of volcanic soils in the colombian Central Cordillera (Parque Nacional de los Nevados). En: T. Van der Hammen, S. Díaz-Piedrahita & V. J. Alvarez (Eds). Studies on tropical andean ecosystems. La Cordillera Central colombiana transecto Parque de los Nevados. Volume 3. J. Cramer: Vaduz. Pp: 15-216.

Thouret, J.C. 1983. Aspectos y problemas geomorfológicos. En: T. Van der Hammen, A. Pérez & P. Pinto (Eds). Studies on

tropical andean ecosystems. La Cordillera Central colombiana transecto Parque de los Nevados (Introducción y datos iniciales) Volumen 1 J. Cramer: Vaduz. Pp: 48-55.

Thouret, J.C & T. van der Hammen. 1983. La secuencia holocénica y tardiglacial en el parquet los Nevados. In: T. Van der Hammen, A. Pérez & P. Pinto (Eds). La Cordillera Central colombiana transecto Parque de los Nevados. J. Cramer: Vaduz. Pp: 262-276.

Tomlinson, K. & K. Denyer. 2003. Starch synthesis in cereal grains. Advances in Botanical Research 40: 1-47

Toro, G., M. Hermelín & G. Poupeau. 2001. Depósitos de los últimos 40.000 años BP en el departamento de Risaralda, Colombia. En VVAA Suelos del eje cafetero. Proyecto U.T.P-GTZ, Facultad de Ciencias Ambientales, Cooperación Alemana al Desarrollo, Pereira. pp. 26-31.

Ugent, D., S. Pozorski & T. Pozorski. 1982. Archaeological potato tuber remains from the Casma valley of Peru. Economic Botany 36: 182-192.

Ugent, D., S. Pozorski & T. Pozorski. 1984. New evidence for ancient cultivation of *Canna edulis* in Peru. Economy Botany 38: 417-432.

Ugent, D., S. Pozorski & T. Pozorski. 1986. Archaeological manioc (*Manihot*) from coastal of Peru. Economy Botany 40: 78-102.

Wang, T.L., T.Y. Bogracheva & C.L. Hedley. 1997. Starch: as simple as A, B, C?. Journal of Experimental Botany 28(49): 481-502.

Wiersum, K.F. 2004. Use and conservation of biodiversity in East African forested landscapes. In P.A. Zuidema PA (ed.). Tropical forests in multi-functional landscapes. Proceedings of seminar series issues in international nature conservation. The Netherlands: Utrecht University, Prince Bernhard Centre for International Nature Conservation, Utrecht. Pp: 33-39.

Wilson, J., K. Hardy, R. Allen, L. Copeland, R. Wrangham & M. Collins. 2010. Automated classification of starch granules using supervised pattern recognition of morphological properties. Journal of Archaeological Science 37: 594-604

Recibido: 05/02/2010
Aceptado: 28/04/2011